

PERHITUNGAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG PERPUSTAKAAN LIMA LANTAI TAHAN GEMPA

Kevin Thea¹⁾, Asep Supriyadi²⁾, Faisal³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

^{2,3)} Dosen Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : kevintheaaa@gmail.com

ABSTRAK

Pendidikan sekarang ini telah menjadi kebutuhan pokok bagi setiap orang, karena dengan adanya pendidikan maka akan tercipta sumber daya manusia yang berkualitas. Maka dari itu, untuk menunjang kebutuhan pendidikan, diperlukan sarana yang mendukung, yaitu perpustakaan. Perpustakaan adalah tempat untuk seseorang belajar dan untuk mengembangkan informasi yang ada. Perpustakaan yang akan dibangun adalah yang sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku sehingga aman untuk digunakan. Pada perencanaan perpustakaan ini akan direncanakan komponen structural berupa pelat, balok, kolom, dan pondasi dengan menggunakan peraturan SNI 2847-2013. Pembebanan yang ditinjau adalah beban mati dan beban hidup berdasarkan peraturan SNI 1727-2013 serta beban gempa berdasarkan peraturan SNI 1726-2012. Analisis struktur menggunakan bantuan program ETABS 17 untuk menghasilkan gaya-gaya dalam yang dipakai untuk mendesain penulangan pelat, balok, kolom, dan pondasi. Tebal pelat yang dipakai adalah 120 mm, dimensi balok untuk bentang 8 m adalah 40/80, bentang 4 m adalah 30/60, bentang 3 m adalah 25/50, serta kolom untuk lantai 1-2 adalah 90/90 dan lantai 3-5 adalah 80/80. Kemudian hasil perencanaan akan dituangkan ke dalam gambar kerja yang berisi detail penulangan pelat, balok, kolom, dan pondasi.

Kata kunci : Gedung Perpustakaan, Struktur beton bertulang

ABSTRACT

Education has become a basic necessity for everyone nowadays, because with education it will create quality human resources. Therefore, to support educational needs, supporting facilities, like library is needed. Library is a place for someone to learn and to develop existing information. Library to be built is in accordance with applicable regulations so that they are safe to use. In this library planning, structural components will be planned in the form of plates, beams, columns, and foundations using the SNI 2847-2013 regulations. The loads reviewed are dead loads and live loads based on SNI 1727-2013, and earthquake loads based on SNI 1726-2012 regulations. Structural analysis uses the ETABS 17 program to generate internal forces used to design reinforcement for slabs, beams, columns and foundations. The thickness of the plates used is 120 mm, beam dimensions for 8 m length are 40/80, 4 m length are 30/60, 3 m length are 25/50, and columns for floors 1-2 are 90/90 and floors 3-5 are 80/80. Then the results of the planning will be poured into a working drawing that contains details of the reinforcement of plates, beams, columns and foundations.

Keywords : Reinforced concrete structure, Library

I. PENDAHULUAN

Pendidikan sekarang ini telah menjadi kebutuhan pokok bagi setiap masyarakat karena pendidikan merupakan dasar bagi setiap orang untuk dapat mengembangkan potensi yang ada dalam diri mereka. Untuk memperoleh pendidikan yang layak, banyak cara yang dapat kita lakukan, salah satunya adalah melalui perpustakaan. Perpustakaan adalah tempat untuk seseorang belajar dan untuk mengembangkan informasi yang ada. Dalam perpustakaan ini, terdiri dari buku-buku cetakan ataupun buku elektronik yang bisa diakses melalui komputer. Saat ini, hampir seluruh sekolah atau universitas yang mempunyai fasilitas perpustakaan sendiri. Kebutuhan terhadap pendidikan di Indonesia yang akan terus meningkat setiap

tahunnya mewajibkan pemerintah untuk terus membangun sarana pendidikan agar semua masyarakat dapat mengenyam pendidikan yang layak. Dengan membangun sarana pendidikan yang layak akan meningkatkan kualitas pendidikan yang kemudian akan meningkatkan kualitas sumber daya manusia itu sendiri.

Untuk saat ini pembangunan sarana pendidikan seperti gedung perpustakaan umum belum terlalu banyak dibangun. Oleh karena itu, diperlukan gedung perpustakaan tambahan untuk mendukung proses peningkatan kualitas pendidikan dan minat baca pada masyarakat sehingga nantinya bisa menghasilkan sumber daya manusia yang unggul dan berkualitas. Gedung perpustakaan yang akan dibangun adalah gedung yang layak secara konstruksi, yaitu dalam hal tingkat pelayanan, kemampuan menerima beban,

keamanan, dan kenyamanan dalam pemakaian. Maka dari itu, perencanaan yang baik menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan kelayakan infrastruktur pendidikan sehingga gedung yang akan direncanakan menghasilkan desain gedung yang memenuhi standard yang telah ditetapkan.

Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah untuk merencanakan struktur bangunan yang difungsikan sebagai gedung perpustakaan yang sesuai serta aman untuk digunakan. Ruang lingkup penulisannya adalah sebagai berikut :

- Perhitungan struktur bagian atas meliputi pelat, kolom, balok, tangga, dan pondasi.
- Beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

Penulisan penelitian ini membahas tentang perhitungan struktur beton bertulang gedung perpustakaan lima lantai tahan gempa dengan memakai bantuan program komputer sebagai alat bantu perhitungan dan proses analisis. Program komputer yang digunakan adalah ETABS 17. Data-data yang digunakan dalam menunjang penulisan penelitian ini merupakan data primer dan sekunder berupa data denah arsitektural dan data penyelidikan tanah.

Tujuan dari analisis perhitungan penelitian ini adalah untuk memperoleh dimensi struktur yang efektif, efisien, dan aman agar dapat memenuhi persyaratan yang berlaku untuk struktur gedung di Indonesia. Analisis perhitungan yang dilakukan mencakup struktur utama yaitu pelat lantai, balok, kolom, dan pondasi yang direncanakan berdasarkan ketahanan terhadap beban gempa rencana yang mengacu pada SNI-1726-2012, dengan tahapan analisis perhitungan yaitu :

a) Perencanaan Pendahuluan

Pada tahapan ini dilakukan analisa perhitungan awal desain, yaitu pelat lantai, balok maupun kolom, yang dilakukan secara manual, untuk memperkirakan dimensi-dimensi elemen struktur tersebut yang digunakan dalam perhitungan detail selanjutnya. Perkiraan dimensi ini kemudian diperiksa berdasarkan perencanaan yang berlaku, yaitu : Tata Cara Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).

b) Perhitungan Pembebanan

Dalam tahapan ini menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur utama gedung meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Penentuan beban mati berdasarkan berat sendiri struktur dan komponen-komponen tetap seperti beban dinding, beban plesteran lantai, beban plafond, beban mekanikal elektrik dan lainnya. Sedangkan besarnya beban hidup ditentukan berdasarkan kegunaan bangunan tersebut yang diatur dalam Tata Cara Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013).

c) Perhitungan Gaya Dalam

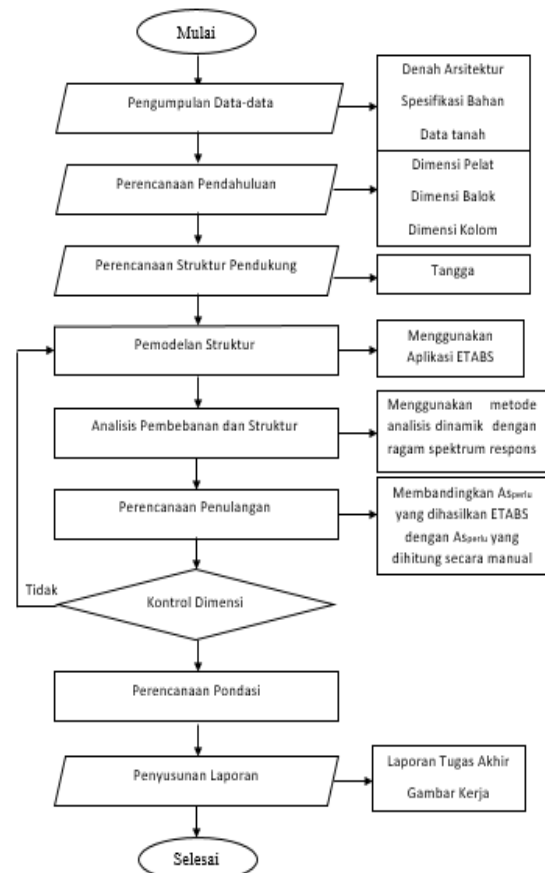
Perhitungan dilakukan dengan bantuan aplikasi ETABS 17 berdasarkan beban-beban yang dipikulkan pada struktur pelat lantai, balok, dan kolom. Gaya dalam yang dihasilkan merupakan gaya dalam yang bekerja pada struktur utama gedung akibat beberapa kombinasi pembebanan yang diatur dalam SNI 1726-2012.

d) Perhitungan Penulangan

Gaya-gaya dalam yang sudah diperoleh dari tahapan sebelumnya dijadikan acuan untuk desain penulangan. Dari aplikasi ETABS 17 diperoleh luasan tulangan yang kemudian dihitung jumlah kebutuhan tulangan secara manual untuk setiap elemen-elemen struktur utama. Desain penulangan meliputi penulangan lentur, geser, dan torsi. Dalam tahapan ini juga dilakukan pemeriksaan terhadap desain awal penampang elemen struktur utama untuk memperoleh elemen struktur yang ideal dan ekonomis.

e) Analisis Pondasi

Dalam analisis pondasi dilakukan dengan pemilihan jenis pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah pada lokasi perencanaan, perhitungan gaya aksial yang bekerja pada struktur, perencanaan elemen balok sloof, perencanaan elemen poer pondasi, hingga penulangan balok sloof dan poer pondasi pada struktur utama.



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

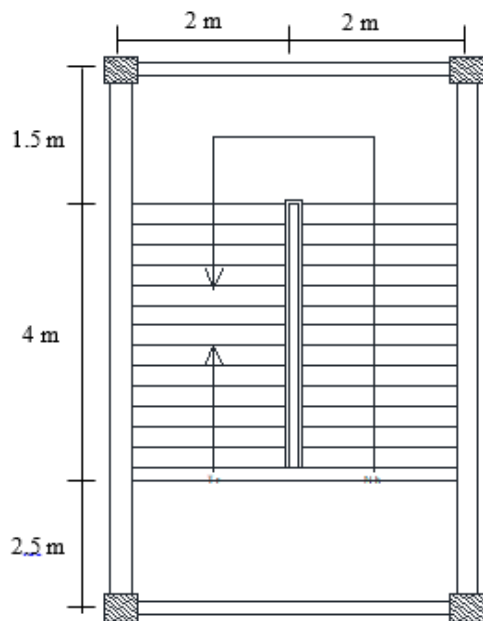
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan :

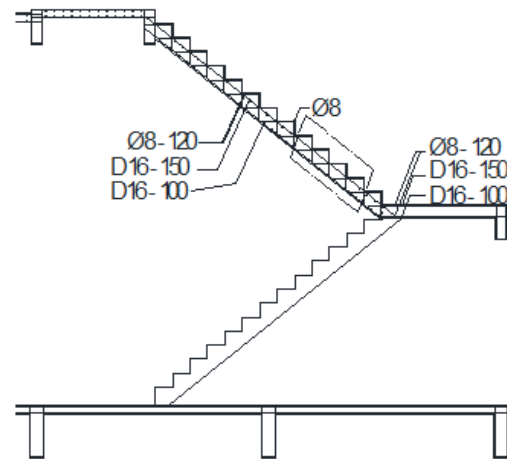
- | | |
|---------------------------------------|--------------|
| a) Mutu beton (f'_c) | : 30 Mpa |
| b) Mutu baja (f_y) tulangan ulir | : 400 Mpa |
| c) Mutu baja (f_y) tulangan polos | : 240 Mpa |
| d) Jumlah lantai | : 5 Lantai |
| e) Panjang bangunan | : 52 meter |
| f) Lebar bangunan | : 54 meter |
| g) Tinggi bangunan | : 22,5 meter |
| h) Tinggi lantai 1 | : 4,5 meter |
| i) Tinggi lantai 2-4 | : 4 meter |
| j) Tinggi lantai 5 | : 6 meter |

Desain Tangga

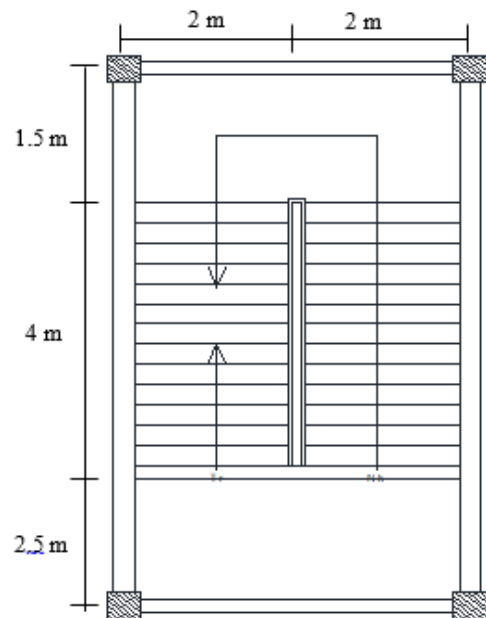
- | | |
|------------------------------|-------------------|
| a) Tangga Tipe 1 | |
| Perbedaan elevasi lantai (H) | : 450 cm |
| Lebar tangga (Lt) | : 190 cm |
| Lebar bordes (Lb) | : 150 cm |
| Lebar anak tangga (I) | : 30 cm |
| Tinggi anak tangga | : 17 cm |
| Jumlah antrade | : 27 buah |
| Jumlah oprade | : 28 buah |
| Tinggi bordes | : 225 cm |
| Sudut elevasi tangga | : $29,3578^\circ$ |
| b) Tangga Tipe 2 | |
| Perbedaan elevasi lantai (H) | : 400 cm |
| Lebar tangga (Lt) | : 190 cm |
| Lebar bordes (Lb) | : 150 cm |
| Lebar anak tangga (I) | : 30 cm |
| Tinggi anak tangga | : 15 cm |
| Jumlah antrade | : 27 buah |
| Jumlah oprade | : 28 buah |
| Tinggi bordes | : 200 cm |
| Sudut elevasi tangga | : $26,5651^\circ$ |



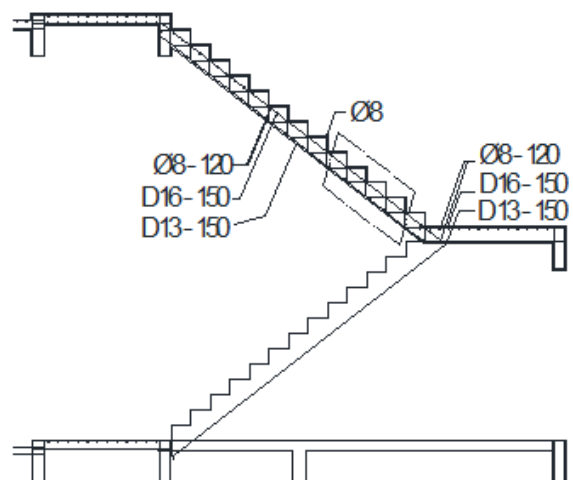
Gambar 2. Denah Tangga Tipe 1



Gambar 3. Potongan Tangga Tipe 1



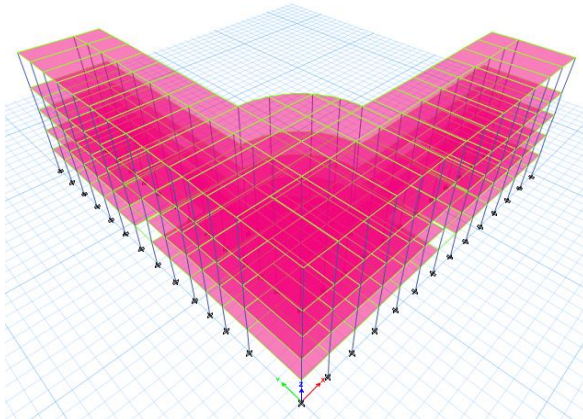
Gambar 4. Denah Tangga Tipe 2



Gambar 5. Potongan Tangga Tipe 2

ANALISIS PEMBEBANAN

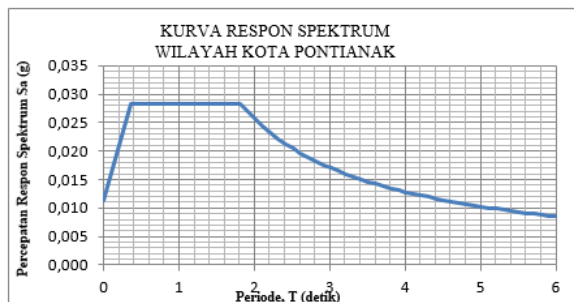
Pada struktur bangunan dianalisis dengan bantuan program komputer, yaitu ETABS 17, dengan menggunakan analisa gempa dinamis berupa spektrum respons



Gambar 6. Pemodelan Struktur Utama Dengan ETABS 17

Tabel 1. Parameter Desain Spektrum Gempa

Kelas Situs	Tanah Lunak (SE)
S_s	0,017g
S_1	0,022g
F_a	2,5
F_v	3,5
S_{MS}	0,0425g
S_{M1}	0,0770g
S_{DS}	0,0283g
S_{D1}	0,0531g
T_o	0,3625s
T_s	1,8127s



Gambar 7. Kurva Respons Spektrum Desain

Berdasarkan ketentuan-ketentuan dalam SNI 1726-2012 pasal 7.2, diperoleh nilai $S_{DS} < 0,167$ dan $S_{D1} < 0,067$ maka bangunan gedung struktur termasuk kategori resiko A. Struktur dirancang sebagai sistem rangka beton bertulang pemikul momen biasa dan diperoleh parameter-parameter sebagai berikut :

$$R = 3, \Omega_o = 3, C_d = 2,5$$

Fungsi bangunan adalah sebagai gedung perpustakaan, maka bangunan termasuk dalam kategori resiko IV dan faktor keutamaan gempa (I_e)

adalah 1,50. Setelah dilakukan perhitungan, maka periode yang dipakai sebesar 1,3056 detik dan koefisien respons seismik, C_s sebesar 0,0142. Dari hasil perhitungan program ETABS 17 diperoleh nilai gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisis ragam respons spektrum yang telah dilakukan (V_i) adalah sebagai berikut :

$$V_i \text{ arah X} = 931,0786 \text{ kN} > 0,85V$$

$$V_i \text{ arah Y} = 955,0405 \text{ kN} > 0,85V$$

Berdasarkan ketentuan dari SNI 1726-2012, karena geser dasar ragam (V_i) lebih besar dari 85% gaya geser dasar yang dihitung menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen (V), maka gaya tidak perlu dikalikan dengan faktor skala gaya.

Simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) untuk semua struktur lantainya dengan kategori resiko IV adalah $0,010h_{sx}$. Nilai *maximum story displacement* desain berdasarkan *output* aplikasi ETABS 17 akibat gempa dinamik ditampilkan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2. Simpangan Antar Lantai Ijin Arah X

Lantai	Elevasi (m)	Δ (mm)	Δ_a (mm)	Keterangan
5	22,5	8,604	1,42	OK
4	16,5	7,184	1,32	OK
3	12,5	5,864	1,766	OK
2	8,5	4,098	2,041	OK
1	4,5	2,057	2,057	OK
Base	0	0	0	OK

Tabel 3. Simpangan Antar Lantai Ijin Arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Δ (mm)	Δ_a (mm)	Keterangan
5	22,5	8,18	1,345	OK
4	16,5	6,835	1,165	OK
3	12,5	5,67	1,639	OK
2	8,5	4,031	2,014	OK
1	4,5	2,017	2,017	OK
Base	0	0	0	OK

Desain Pelat

Struktur pelat akan dimodelkan sebagai elemen *shell* yang diskrit dengan ukuran 1×1 m. pelat didesain hanya menerima gaya vertikal akibat beban mati dan beban hidup.

Untuk desain penulangan pelat lantai, penulangan pelat diambil seragam untuk memudahkan pengerjaan dan mengurangi resiko kesalahan pemasangan pada lapangan. Penulangan pelat dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 dengan perhitungan manual yang diperoleh dari *output* gaya dalam yang telah diperoleh dari program ETABS 17.

Tabel 4. Rekapitulasi Penulangan Pelat

Lantai	Daerah Penulangan	Tulangan Pakai
1 - 5	Lapangan X	M10-120
	Lapangan Y	M10-120
	Tumpuan X	M12-100
	Tumpuan Y	M12-100
Atap	Lapangan X	M7-150
	Lapangan Y	M7-150
	Tumpuan X	M9-150
	Tumpuan Y	M9-150

Desain Balok

Hasil perhitungan dengan program ETABS 17 diperoleh luas tulangan yang diperlukan pada setiap elemen balok. Penulangan balok dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 dengan perhitungan manual yang diperoleh dari *output* gaya dalam yang telah diperoleh dari program ETABS 17.

Penulangan balok dihitung tulangan longitudinal untuk menahan momen lentur, tulangan sengkang untuk menahan momen gaya geser, dan tulangan pinggang untuk menahan gaya puntir.

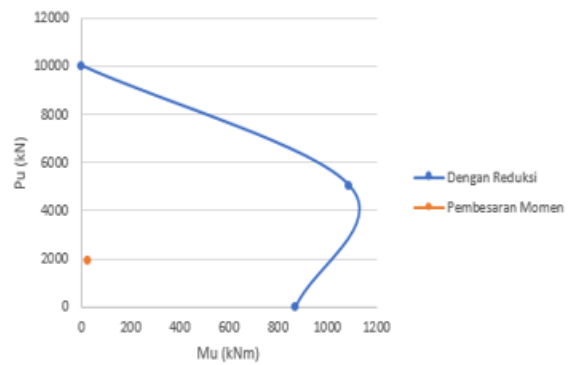
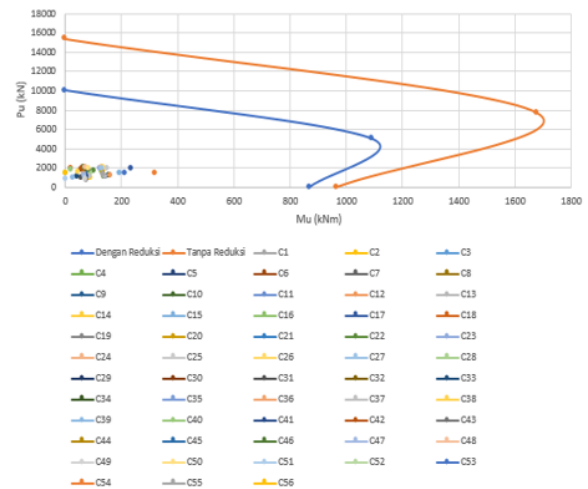
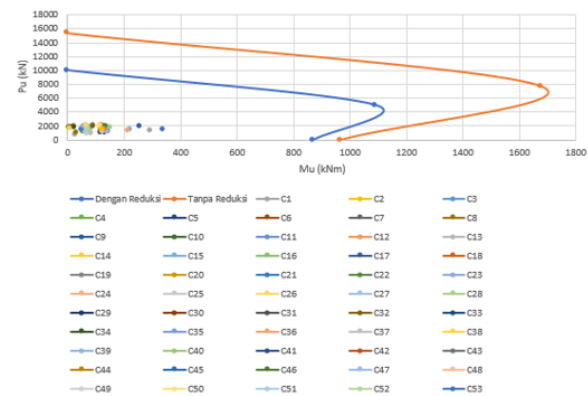
Tabel 5. Rekapitulasi Penulangan Balok Lantai 1-5

Balok	Longitudinal		Pinggang	Sengkang
	Atas	Bawah		
B40/80 (8m)	4D25	2D25	2D25	φ16 - 150 mm
B30/60 (4m)	2D25	4D25	2D25	φ16 - 150 mm
B30/60 (4m)	4D22	2D22	2D22	φ16 - 150 mm
B25/50 (3m)	2D22	4D22	2D22	φ16 - 150 mm
B25/50 (3m)	4D16	2D16	2D16	φ10 - 150 mm
B30/60 (4m)	2D16	4D16	2D16	φ10 - 150 mm
B30/60 (4m)	4D22	2D22	2D13	φ10 - 150 mm
B30/60 (4m)	2D22	4D22	2D13	φ10 - 150 mm

Desain Kolom

Penulangan kolom akan dimodelkan sebagai elemen *frame*. Tingkat kekakuan kolom dimodelkan sebagai daerah yang kaku (*Rigid Zone Factor*) dengan nilai sebesar 0,5. Pemodelan kolom diberikan faktor reduksi inersia sebesar 0,7.

Untuk desain penulangan kolom, penulangan kolom dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 dengan perhitungan manual yang diperoleh dari *output* gaya dalam yang telah diperoleh dari program ETABS 17. Penulangan longitudinal kolom dilakukan dengan membuat diagram interaksi kolom yang diasumsikan dengan batasan rasio tulangan sebesar 1%.

**Gambar 8.** Diagram Interaksi Pembesaran Momen dengan Rasio Penulangan Minimum 1%**Gambar 9.** Diagram Interaksi Kolom dengan Momen M_2 **Gambar 10.** Diagram Interaksi Kolom dengan Momen M_3 **Tabel 6.** Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Kolom

Tipe Kolom	Lantai	Dimensi (mm)	Tulangan	
			Longitudinal	Sengkang
K1	1	900 x 900	16D25	φ10 - 300
K2	2	900 x 900	16D25	φ10 - 300
K3	3	800 x 800	16D25	φ10 - 300
K4	4	800 x 800	16D25	φ10 - 300
K5	5	800 x 800	16D25	φ10 - 300

Desain Pondasi

Pondasi digunakan sebagai struktur pendukung gedung yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Data tanah yang digunakan adalah data tanah hasil tes boring (SPT) di lokasi Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura. Pondasi yang direncanakan adalah pondasi tapak dengan tiang pancang beton bertulang.

Analisa daya dukung pondasi yang dikerjakan menggunakan persamaan *Meyerhoff* (1956) yaitu :

$$Q_u = 40 \cdot N_b \cdot A_p + 0,2 \cdot N_s \cdot A_s$$

Untuk perhitungan efisiensi kelompok tiang digunakan persamaan *Converse Labarre* yaitu :

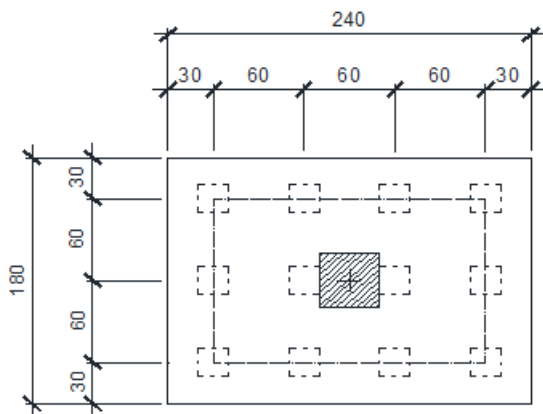
$$E_g = 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right)$$

Direncanakan tiang pancang dengan kedalaman 30 m dengan data sebagai berikut :

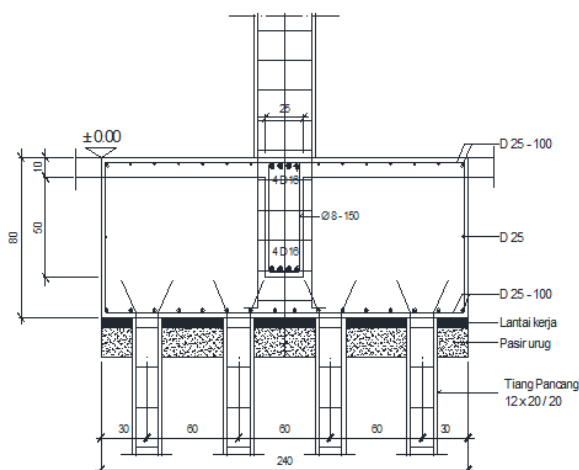
Dimensi : 20 cm x 20 cm

SF : 3

Digunakan 12 buah tiang



Gambar 11. Dimensi Blok Tiang



Gambar 12. Penulangan Poer

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perhitungan pada penulisan penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi pelat :
 - Tebal pelat lantai : 120 mm
 - Tebal pelat atap : 120 mm
2. Dimensi balok :
 - Balok induk bentang 8 m : 400 x 800 mm
 - Balok induk bentang 4 m : 300 x 600 mm
 - Balok induk bentang 3 m : 250 x 500 mm
 - Balok anak bentang 4 m : 300 x 600 mm
3. Dimensi kolom :
 - Lantai 1 – 2 : 900 x 900 mm
 - Lantai 3 – 5 : 800 x 800 mm
4. Tangga direncanakan dua tipe, yaitu tangga tipe 1 dengan elevasi 4,5 m dan tangga tipe 2 dengan elevasi 4 m.
5. Lokasi perencanaan gedung termasuk dalam kategori desain seismik A (KDS A) dan menggunakan sistem rangka pemikul momen biasa (SPRMB) dengan periode getar 1,514 detik.

Saran yang dapat diberikan penulis dari hasil penyusunan penelitian ini adalah :

1. Sebelum merencanakan suatu struktur bangunan gedung, sebaiknya dilakukan pengumpulan data secara lengkap dan akurat pada gambar desain dan data tanah agar mempermudah perencanaan struktur.
2. Pada saat menganalisis struktur dapat menggunakan program seperti ETABS 17 supaya mempercepat proses perhitungan dan analisis, serta langkah-langkah pemodelan dilakukan dengan cermat agar tidak terjadi kesalahan dalam pemodelan struktur.
3. Pemodelan struktur gedung struktur sebaiknya mengikuti tata cara/peraturan-peraturan perencanaan bangunan gedung terbaru yang berlaku oleh pemerintah.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI 2847-2013*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Indarto, Himawan dkk. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 for Dummies*. Semarang
- Riza, Miftakhur. 2010. *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS*. Jakarta: ARS Group.
- G.Nawy, Edward. 2010. *Beton Bertulang*. Bandung : Refika Aditama
- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sardjono HS. 1988. *Pondasi Tiang Pancang*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Novian. 2016. *Perhitungan Struktur Beton Bertulang Kantor Hotel 8 Lantai di Jalan Ahmad Yani 2 Kubu Raya*. Jurnal Universitas Tanjungpura.
- Benhard. 2019. *Desain Konstruksi Bangunan Gedung Laboratorium Terpadu Untan*. Jurnal Universitas Tanjungpura.